

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Дубовика Алексея Олеговича

«Численные и аналитические методы решения задач динамики магнитной жидкости, протекающей в трубах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18

«Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Актуальность темы выполненной работы

Диссертационная работа Дубовика А. О. посвящена численному и аналитическому решению задач динамики магнитной жидкости, протекающей в трубах. Под магнитной жидкостью здесь понимается жидкость, динамика которой подчиняется уравнениям магнитной гидродинамики. Класс таких задач возникает, например, при рассмотрении проблем освоения трудноизвлекаемых запасов нефти, управления термоядерным синтезом, управление гемодинамикой, стратификации жидкости в условиях микрогравитации и др. Решение перечисленных проблем предполагает разработку сложных вычислительных комплексов, результаты расчетов которых необходимо верифицировать, для чего могут быть использованы аналитические решения задач динамики магнитной жидкости, протекающей в трубах. В связи с этим, тематика диссертационной работы представляется чрезвычайно интересной и актуальной.

Научная новизна полученных результатов

В области математического моделирования

- Исследована модель слоистого течения вязкой несжимаемой жидкости в рамках уравнений магнитной гидродинамики. Доказаны теоремы о равносильности решения уравнений

теплопроводности для компонент векторов скорости и напряженности магнитного поля и уравнений МГД, при предположении единственности последних, для слоистого течения жидкости.

В области численных методов

- Разработан итерационный алгоритм нахождения спектра квадратичного пучка операторов, теоретически обоснован и протестирован на задаче о резонансной потере устойчивости трубы с протекающей магнитной жидкостью.

В области комплексов программ

- Разработан комплекс программ, позволяющий моделировать слоистое течение вязкой несжимаемой магнитной жидкости.

Таким образом, автором диссертации получены новые результаты в трех областях: математического моделирования, численных методов и комплексов программ.

Теоретическая и практическая значимость

Выделен новый класс точных решений уравнений МГД, соответствующий слоистому течению жидкости в неограниченном плоском слое, бесконечном цилиндре, бесконечном коаксиальном цилиндре. Доказаны теоремы о существовании решения спектральной задачи для квадратичного пучка компактных частично симметричных операторов (симметричных на своем образе – подмножестве гильбертова пространства), сходимости итерационного алгоритма, полноте множества собственных функций на образе этих операторов.

Разработанный комплекс программ интересен с практической точки зрения, поскольку позволяет качественно оценить изменения параметров жидкости (температуры, давления) и геометрии области течения в результате объемного воздействия магнитным полем и движения границы области течения, что может служить отправной точкой для исследования задач

управления параметрами жидкости с переменной во времени геометрией области течения. Представленные точные решения уравнений МГД могут быть использованы для верификации подобного программного обеспечения.

Обоснованность и достоверность результатов исследования

Достоверность результатов диссертационной работы обеспечивается корректностью доказательств теорем, использованием классической модели магнитной гидродинамики и модели колебания трубы в тросовом приближении, использованием теоретически обоснованных численных методов и верификацией результатов всех расчетов, показавшей высокую степень совпадения численных и аналитических значений.

Апробация результатов работы

Результаты работы опубликованы в 7 печатных работах в ведущих журналах, рекомендованных ВАК, 3-х журналах, входящих в международную систему цитирования Scopus, получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Положения, выносимые на защиту, прошли апробацию на международных и всероссийских конференциях, семинарах ведущих учреждений науки.

Структура диссертационной работы

Работа состоит из введения, четырех глав и заключения.

В **введении** обоснована актуальность решаемых задач, описана научная новизна работы, теоретическая и практическая значимость работы, представлены положения, выносимые на защиту, отображен личный вклад автора в совместных исследованиях.

Первая глава носит обзорный характер. Здесь представлены современные численные методы, применяемые при численном решении задач динамики жидкости, описаны точные решения уравнений МГД, рассмотрено место спектральных методов в исследовании задач динамики магнитной

жидкости и перечислены методы нахождения спектра квадратичного пучка операторов.

Вторая глава посвящена исследованию модели слоистого течения жидкости в неограниченном плоском слое в рамках модели МГД. Доказана теорема о равносильности решения уравнений МГД, при условии их единственности, и одномерных уравнений теплопроводности для компонент вектора скорости для слоистого течения, при этом вектор напряженности магнитного поля полагается параллельным вектору скорости жидкости. Проведены тестовые расчеты тепловыделения и изменения геометрии области течения слоистого течения жидкости в результате объемного воздействия магнитным полем и движения границы области течения. Установлен закон диссипации кинетической энергии потока, энергии магнитного поля во внутреннюю энергию. Верификация результатов расчетов показала их высокую точность.

Третья глава посвящена исследованию слоистого течения жидкости в бесконечном цилиндре, бесконечном коаксиальном цилиндре при условии параллельности вектора напряженности магнитного поля оси цилиндра, коаксиального цилиндра. Доказана теорема о равносильности решения уравнений МГД, при условии их единственности, и одномерных уравнений теплопроводности для компонент вектора скорости и напряженности магнитного поля для слоистого течения. Проведены тестовые расчеты тепловыделения и изменения геометрии области течения слоистого течения жидкости в результате объемного воздействия магнитным полем и движения границы области течения. Верификация результатов расчетов показала их высокую точность.

В четвертой главе представлен новый итерационный алгоритм нахождения спектра квадратичного пучка компактных частично симметричных операторов. Доказана его сходимости и полнота на образе таких операторов. Проведена численная апробация алгоритма на задаче о резонансной потере устойчивости трубы с протекающей магнитной

жидкостью. Проведена оценка погрешности алгоритма, показавшая его работоспособность.

В **заключении** сформулированы основные результаты работы, предложения по их использованию и направления дальнейшей разработки темы исследований.

Замечания по диссертационной работе

1) В главе 4 предложен новый итерационный алгоритм нахождения спектра квадратичного пучка операторов, но при этом никак не освещен вопрос о возможности параллельной его реализации, а ведь именно такие алгоритмы являются на данный момент наиболее востребованными при моделировании различных явлений.

Приведенные замечания не отменяют значимость результатов, достигнутых автором и не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение

Диссертация Дубовика А. О. «Численные и аналитические методы решения задач динамики магнитной жидкости, протекающей в трубах» является законченным научным трудом. Результаты диссертации полно представлены в его публикациях и правильно отражены в автореферате. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». Рецензируемая диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор, Дубовик Алексей Олегович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Отзыв составил официальный оппонент: доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, заместитель директора – начальник отдела экспертиз общества с ограниченной ответственностью «МАТЭК».

«02» февраля 2018 г.




Гинкин Владимир Павлович

Телефон: +7(903)811-45-69

E-mail: ginkinvp@mail.ru

Адрес: 249033, Калужская область, г. Обнинск, ул. Горького, д. 60, кв. 12